

(2) Japanese Patent Application Laid-Open No.2000-23462 (2000)

“Structure of Main Circuit of Power Converter”

The following is an extract relevant to the present application.

5

Figure 3 shows shapes of a positive-side conductor 3, an AC-side conductor 4, and a negative-side conductor 5 shown in figure 1. Said positive-side conductor 3, AC-side conductor 4, and negative-side conductor 5 take a shape of a flat plate, and the respective conductors are provided with IGBT terminal volt holes 32, 42, 43, and 52 for volts for connection to IGBT modules 1 and 2. Further, for connection to an external circuit (not shown), the positive-side conductor 3, AC-side conductor 4, and the negative-side conductor 5 are provided with, in the upper portion, an output terminals 30, 40, and 50 respectively, and they are formed in the same direction. In this case, when seen from the terminal surface of semiconductor modules 1 and 2, the output terminal 30 is arranged at the center of the positive-side conductor 3, the output terminal 40 is arranged at the right side of the AC-side conductor 4, and the output terminal 50 is arranged at the left side of the negative-side conductor 5. In addition, when the positive-side conductor 3, the AC-side conductor 4, and the negative-side conductor 5 are arranged in this order from the bottom up as shown in figure 1, it should be arranged so that the output terminals 30 of the positive-side conductor 3 and the output terminal 50 of the negative-side conductor 4 are adjacent to each other. Further, the output terminals 30, 40, and 50 are provided with holes for volt connection.

20

Accordingly, in this embodiment, each of the positive-side conductor 3, the AC-side conductor 4, and the negative-side conductor 5 takes a shape of a flat plate and the

conductors are arranged in parallel to each other, and thereby it is possible to greatly reduce the inductance of a main circuit compared to when the conventional long and thin wire is used.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-23462

(P 2 0 0 0 - 2 3 4 6 2 A)

(43) 公開日 平成12年1月21日 (2000.1.21)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード	(参考)
H02M 7/04		H02M 7/04	D	
1/00		1/00	J	
7/48		7/48	Z	

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全11頁)

(21) 出願番号	特願平11-119137	(71) 出願人	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(22) 出願日	平成11年4月27日 (1999.4.27)	(72) 発明者	伊東 知 茨城県ひたちなか市市毛1070番地 株式会 社日立製作所水戸工場内
(31) 優先権主張番号	特願平10-134402	(72) 発明者	仲田 清 茨城県ひたちなか市市毛1070番地 株式会 社日立製作所水戸工場内
(32) 優先日	平成10年4月28日 (1998.4.28)	(74) 代理人	100099302 弁理士 笹岡 茂 (外1名)
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

最終頁に続く

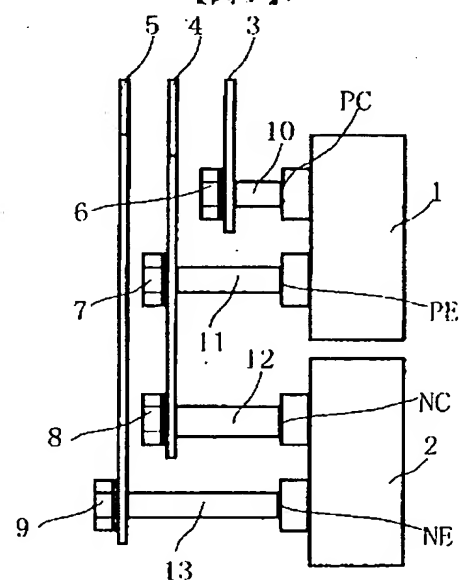
(54) 【発明の名称】 電力変換器の主回路構造

(57) 【要約】

【課題】 電力変換器の主回路配線におけるインダクタンスの低減を図り、かつ、簡単な構成で実現することにある。

【解決手段】 少なくとも2個のIGBTモジュール1、2と、一方のIGBTモジュール1のコレクタ端子と直流電源の正極を接続する正側導体3と、その他方のIGBTモジュール2のエミッタ端子と直流電源の負極を接続する負側導体5と、一方のIGBTモジュールのエミッタ端子および他方のIGBTモジュールのコレクタ端子を交流側に接続する交流側導体4からなり、各導体をそれぞれ平板形状とするとともに、階層状に平行に形成する電力変換器の主回路構造において、IGBTモジュールに近い方から正側導体、交流側導体、負側導体の順に設置し、または、その逆順に設置し、各導体に対応するIGBTモジュールの各端子に固定する固定具6～9の高さより少なくとも大きい間隔に配置する。

【図1】



【請求項４】 半導体素子とその素子のコレクタ端子およびエミッタ端子を同一方向側面から取り出して一体成型した半導体モジュールを１相分として少なくとも２個備えた電力変換器であって、前記一方の半導体モジュールのコレクタ端子（ＰＣ）と直流電源の正極を接続する正側導体と、その他方の半導体モジュールのエミッタ端 50

【請求項 9】 直流電源に並列接続された分圧コンデンサの正、負および中間電位を少なくとも 2 個のクランプダイオードと少なくとも 4 個の半導体素子を直列接続した 3 レベル電力変換器であって、該変換器は、前記半導体素子とその素子のコレクタ端子およびエミッタ端子を同一方向側から取り出して一体成型した半導体モジュールを 1 相分として少なくとも正側に 2 個、負側に 2 個備え、第 1 の半導体モジュールのコレクタ端子と前記分圧コンデンサの正電位極を接続する正側導体と、第 1 の半導体モジュールのエミッタ端子と第 2 の半導体モジュールのコレクタ端子とを接続する負側導体と、第 2 の半導体モジュールのエミッタ端子と前記分圧コンデンサの負電位極を接続する負側導体とを備えることを特徴とする電力変換器。

ルのコレクタ端子と前記第 1 のクランプダイオードのカソード端子を接続する第 1 の中間電位導体と、前記第 2 の半導体モジュールのエミッタ端子と第 3 の半導体モジュールのコレクタ端子を交流側に接続する交流側導体と、第 3 の半導体モジュールのエミッタ端子と第 4 の半導体モジュールのコレクタ端子と前記第 2 のクランプダイオードのアノード端子を接続する第 2 の中間電位導体と、第 4 の半導体モジュールのエミッタ端子と前記分圧コンデンサの負電位極を接続する負側導体と、前記第 1 のクランプダイオードのアノード端子と前記第 2 のクランプダイオードのカソード端子と前記分圧コンデンサの分圧点を接続する第 3 の中間電位導体からなり、前記各導体をそれぞれ平板形状とするとともに、階層状に平行に形成する電力変換器の主回路構造において、正側導体、負側導体、第 1 から第 3 の中間電位導体、交流側導体の出力端子のうち、少なくとも正側導体、負側導体、交流側導体の各導体からの出力端子をそれぞれ同一方向に形成するように前記第 1 から 4 までの半導体モジュールを同一面上に配置することを特徴とする電力変換器の主回路構造。

【請求項 10】 請求項 9 において、正側導体、負側導体、第 1 の中間電位導体、第 2 の中間電位導体を同一層として前記半導体モジュールに最も近い最下層に配し、その上に順に前記第 3 の中間電位導体、交流側導体を階層して配置することを特徴とする電力変換器の主回路構造。

【請求項 11】 請求項 9 において、正側導体、負側導体、第 3 の中間電位導体、交流側導体の出力端子をそれぞれ同一方向に形成する場合、前記半導体モジュールの端子側上面から見て、交流側導体の出力端子を分割し、各出力端子を交流側導体、正側導体、第 3 の中間電位導体、負側導体、交流側導体の順、または、第 3 の中間電位導体の出力端子を分割し、各出力端子を第 3 の中間電位導体、正側導体、交流側導体、負側導体、第 3 の中間電位導体の順に配置することを特徴とする電力変換器の主回路構造。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、鉄道車両用の電力変換器など電力変換器一般の実装構造に係り、特に、電力変換器の主回路構造に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、電力変換器の配線は、特開平 1-160373 号公報に示すような細長い導体バーや電線が使用されていた。このような構成では、配線のインダクタンスが大きいため、IGBT モジュールをオン、オフした際の電流や電圧の跳ね上がりが大きいため、という問題がある。また、IGBT モジュールを保護するため、大きな容量のスナバ回路等を接続する必要があるため、装置の小型化の障害となっていた。ところで、インダクタン

スを低減するには、電流の経路である導体をできるだけ平たい形状とし、かつ、往路と復路の導体をできるだけ近接して設置する、いわゆる平行平板状にすれば良いことが知られている。これは、往路と復路が作る磁束の変化が互いに相殺し、見かけ上磁束の変化が殆どなくなるからである。このような原理を使用した配線方法としては、特開平 7-131981 号公報、特開平 9-47036 号公報、特開平 6-327266 号公報、特開平 7-245951 号公報、特開平 6-38507 号公報および特開平 9-70184 号公報などに記載の技術があげられる。これらはいずれも上述のように絶縁層などを挟んで平板状導体を近接配置した平行平板状の配線を用いており、インダクタンス低減を実現している。しかしながら、導体と IGBT モジュールを固定するボルトなどの固定具の取付けのため、導体や絶縁層などに貫通穴をあける必要がある。この貫通穴における絶縁距離を確保するため、穴を大きくとる必要があり、このため導体の面積が狭くなった部分に電流が集中し、所定のインピーダンス目標を満足できないことがあり得る。貫通穴のまわりを絶縁物で覆えば、導体の穴自体を小さくできるが、導体断面を絶縁するために、導体および絶縁物の構造が複雑になりがちである。また、一方で導体間の間隔が狭いほどインダクタンスは低減するものの、その低減効果は飽和していく。例えば、導体間隔を 10 cm から 1 cm に低減した場合は、大幅なインダクタンス低減が得られるが、1 cm から 1 mm に低減する場合には、さほどインダクタンスは低減しないことが知られている。従って、必ずしも導体間隔を極限まで（例えば、絶縁板板厚程度まで）狭くしなくても、インダクタンスを低減することは可能である。また、特開平 4-133669 号公報および特開平 6-225545 号公報には、平板状導体を用いながら、貫通穴のない構造が記載され、上述のような貫通穴における複雑な絶縁構造をとる必要はない。しかしながら、いずれも導体を曲げるなどの加工が必要な構成である上、半導体の並列化や、3 レベル変換器への適用に関しては考慮がされていない。さらに、特開平 6-225545 号公報には、導体間に誘電体セラミックスを設けることが記載されているため、使用する材料が限定される。また、半導体モジュールを複数接続した場合（1 つの半導体モジュールに複数組の端子がある場合も含む）、これらの間の電流がアンバランスになると、電流の多く流れる素子（もしくは端子）に合わせて最大電流を決めなくてはいけない。これらの相互間の電流をバランス化させることが半導体モジュールの能力を最大限に利用するために重要であるが、一般には低インダクタンス化と電流バランス化は相矛盾する場合が多く、これらを両立させることが難しかった。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の課題は、電力変換器の主回路配線におけるインダクタンスの低減を図

り、かつ、簡単な構成で実現することにより、さらに、半導体モジュールが複数接続される場合は、端子電流のバランス化を図ることにある。

【0004】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、半導体素子とその素子のコレクタ端子およびエミッタ端子を同一方向側面から取り出して一体成型した半導体モジュールを1相分として少なくとも2個備えた電力変換器であって、2個の半導体モジュールの端子の順を一方のモジュールのコレクタ端子(PC)、エミッタ端子(PE)、他方のモジュールのコレクタ端子(NC)、エミッタ端子(NE)の一行になるように配置した場合、半導体モジュールに近い方から正側導体、交流側導体、負側導体の順に設置し、または、半導体モジュールに近い方から負側導体、交流側導体、正側導体の順に設置する。ここで、正側導体、交流側導体、負側導体の各導体よりの出力端子をそれぞれ同一方向に形成する場合、前記出力端子のうち、正側導体と負側導体の出力端子を半導体モジュールの端子上面から見て隣同士に配置する。また、2個の半導体モジュールの端子の順をPC、PE、NC、NEの一行になるように配置した場合、半導体モジュールに近い最下層に正側導体と交流側導体を設置し、その上層に負側導体を設置し、または、半導体モジュールに近い最下層に負側導体と交流側導体を設置し、その上層に正側導体を設置する。また、2個の半導体モジュールの端子の順を2列のPC、PEとNC、NE、または、2列のPC、PEとNE、NCになるように配置した場合、半導体モジュールに近い最下層に正側導体と交流側導体を設置し、その上層に負側導体を設置し、または、半導体モジュールに近い最下層に負側導体と交流側導体を設置し、その上層に正側導体を設置する。ここで、導体を対応する半導体モジュールの各端子に固定具によって固定し、各導体の階層間隔を少なくとも固定具の高さより大きく調整する。ここで、各導体の一部を所定の長さの脚として折り曲げ、折り曲げた脚の導体部を対応する半導体モジュール端子に固定具によって固定し、各導体の階層間隔を前記折り曲げた脚の高さによって固定具の高さより大きく調整する。ここで、半導体素子を複数並列接続して電力変換器の1相分を構成した場合、並列関係にある各半導体モジュールのコレクタ端子、エミッタ端子を同一の正側導体、負側導体、交流側導体によってそれぞれ接続し、並列関係にある半導体モジュールの同一端子に接続する折り曲げた各脚の間にスリットを設ける。ここで、半導体素子を複数並列接続して電力変換器の1相分を構成した場合、半導体モジュールに近い最下層に設置する正側導体の出力端子を負側導体と交流側導体の出力端子の中央に、または、負側導体の出力端子を正側導体と交流側導体の出力端子の中央に形成する。また、3レベル電力変換器であって、該変換器が半導体素子とその素子のコレクタ端子

およびエミッタ端子を同一方向側面から取り出して一体成型した半導体モジュールを1相分として少なくとも正側に2個、負側に2個備えるとき、正側導体、負側導体、第1から第3の中間電位導体、交流側導体の出力端子のうち、少なくとも正側導体、負側導体、交流側導体の各導体からの出力端子をそれぞれ同一方向に形成するように第1から4までの半導体モジュールを同一面上に配置する。ここで、正側導体、負側導体、第1の中間電位導体、第2の中間電位導体を同一層として半導体モジュールに最も近い最下層に配し、その上に順に第3の中間電位導体、交流側導体を階層して配置する。ここで、正側導体、負側導体、第3の中間電位導体、交流側導体の出力端子をそれぞれ同一方向に形成する場合、半導体モジュールの端子側上面から見て、交流側導体の出力端子を分割し、各出力端子を交流側導体、正側導体、第3の中間電位導体、負側導体、交流側導体の順、または、第3の中間電位導体の出力端子を分割し、各出力端子を第3の中間電位導体、正側導体、交流側導体、負側導体、第3の中間電位導体の順に配置する。

【0005】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面を用いて説明する。図1は、本発明の第1の実施形態による電力変換器の主回路構造を示し、電力変換器の1相分における側面図である。本実施形態は、1相分である正負側の2個のIGBTモジュールにおいて、各IGBTモジュールのコレクタ端子とエミッタ端子が一行に配置された場合の導体の構成例である。1はIGBTモジュール(正側)、2はIGBTモジュール(負側)であり、いわゆるモジュール型と呼ばれる外形をしている。以下では半導体モジュールとしてIGBTモジュールを例に説明するが、MOSトランジスタモジュール、バイポーラトランジスタモジュールなど、他のモジュールの型半導体モジュールでも同様の構成となることは言うまでもない。3は正側導体、4は交流側導体、5は負側導体、6～9はボルト、10～13は端子スペーサである。IGBTモジュール1のコレクタ端子をPC、エミッタ端子をPEと称する。同様にIGBTモジュール2のコレクタ端子、エミッタ端子をそれぞれNC、NEと称する。

【0006】図2は、第1の実施形態に対応する回路図である。図2に示すように、正側導体3は図示しない直流電源の正極とIGBT1の端子PCを、交流側導体4は図示しない交流出力端子とIGBT1の端子PEとIGBT2の端子NCを、負側導体5は図示しない直流電源の負極とIGBT2の端子NEを接続する。

【0007】図1において、便宜上、IGBTモジュール1および2に近い方の導体を下層、遠い方を上層と称することにする。図1では、最下層に正側導体3を配し、ボルト6と端子スペーサ10を介してIGBTモジュール1の端子PCに接続する。本実施形態では、ボル

ト 6 と端子スペーサ 10 は導体できており、端子 PC と正側導体 3 を電氣的に接続すると共に、正側導体 3 を機械的に支持する役目を果たす。正側導体 3 のすぐ上層に交流側導体 4 を配置する。この場合、正側導体 3 と交流側導体 4 の両者の間隔はボルト 6 の頭の高さよりも大きい。これにより、交流側導体 4 にはボルト 6 の頭を貫通させるための穴をあける必要がない。交流側導体 4 は、ボルト 7 および端子スペーサ 11 を介して IGBT モジュール 1 の端子 PE に、また、ボルト 8 と端子スペーサ 12 を介して IGBT モジュール 2 の端子 NC に、それぞれ電氣的および機械的に接続する。交流側導体 4 より上層に、ボルト 7 および 8 の頭の高さより離れたところに負側導体 5 を配置し、同様にボルト 9 と端子スペーサ 13 を介して IGBT モジュール 2 の端子 NE に電氣的および機械的に接続する。これにより、負側導体 5 にはボルト 7 および 8 の頭を貫通させるための穴をあける必要がない。なお、図 1 の実施形態では、導体 3 が下層から順に正側導体 3、交流側導体 4、負側導体 5 と配されている。これを全く逆に、下層から負側導体 5、交流側導体 4、正側導体 3 と配置しても全く同様のインダクタンス低減効果が実現できる。しかしながら、最上層に電位の高い正側導体 3 を配置することにより、異物が侵入した際の短絡事故が起こりやすくなる。このような観点から、最上層には負側導体 5 を配置するのが最も良い。

【0008】図 1 の正側導体 3、交流側導体 4、負側導体 5 の形状を図 3 に示す。正側導体 3、交流側導体 4、負側導体 5 は、平板状の形状であり、それぞれ IGBT モジュール 1、2 に接続するボルトのための IGBT 端子ボルト穴 32、42、43、52 を設ける。また、上部には図示しない外部回路との接続用に正側導体 3 には出力端子 30、交流側導体 4 には出力端子 40、負側導体 5 には出力端子 50 を設け、それぞれ同一方向に形成する。この場合、半導体モジュール 1、2 の端子上面から見て、出力端子 30 を正側導体 3 の中央に、出力端子 40 を交流側導体 4 の右側に、出力端子 50 を負側導体 5 の左側に設け、図 1 のように下層から順に正側導体 3、交流側導体 4、負側導体 5 を配置する場合、正側導体 3 と負側導体 4 の出力端子 30、50 が隣同士になるように配する。なお、それぞれの出力端子 30、40、50 にはボルト接続用の穴を開ける。

【0009】このような構成により、本実施形態では、正側導体 3、交流側導体 4、負側導体 5 の各導体を平板状としてしかも平行に配置しているため、従来の細長い配線を用いた場合に比べると、主回路のインダクタンスを大幅に低減できる。また、交流側導体 4、負側導体 5 には、ボルト（固定具）6、7、8 の頭を貫通させるための穴が不要な構成であるので、この穴の部分の導体断面の絶縁が不要である。さらに、各導体 3、4、5 はいずれも平板状の導体を切って穴を開けただけの簡

単な構成であるため、加工や組立が容易である。また、本実施形態では、平板状の各導体 3、4、5 の出力端子 30、40、50 をいずれも IGBT モジュール 1、2 の上部側に配置するため、図 1 の構成を横方向にいくつか並べて多相の電力変換器を構成した場合にも、横方向に隙間なく配置でき、全体の大きさを小さくすることができる。なお、図 1 の構成では、各導体の平板間の間隔は、スペーサ 10～12 の高さを調整して電氣絶縁が得られる所要の寸法とするが、平板間の間隔に絶縁物を介在させてもよい。この場合も、導体間隔をより近接させることができ、小型化することができる。

【0010】図 4 は、本発明の第 2 の実施形態を示す。図 4 では、側面図の他に交流側導体 4 の形状を示す。ここで、図示していない正側導体 3 および負側導体 5 の形状は、図 3 に示すものと同様である。図 4 に示すように、本実施形態では、正側導体 3 と交流側導体 4 を同じ層に並べて配置し、その上層に負側導体 5 を配置する。このため、正側導体 3 と負側導体 5 を図 1 の実施形態に比べてより近接させることができ、一層インダクタンスを低減することができる。また、装置の高さもその分低くできるという利点がある。しかしながら、交流側導体 4 の出力端子 40 は装置の右側（あるいは、図 4 とは反対に左側）に出さざるを得ない。他の正側導体 3 と負側導体 5 は上側に出しているのに対し、交流側導体 4 のみ側方に設置しなければならず、図 4 の構成を複数並べて多相の電力変換器を構成する場合、この端子の部分には IGBT モジュールをつめて配置できないので、装置の横寸法が大きくなる。よしんば交流側導体 4 の端子を正側導体 3、負側導体 5 と同様に上側に配置しても、交流側導体 4 と正側導体 3、負側導体 5 間の絶縁距離を確保する必要から、横方向の寸法が大きくなることは同じである。従って、本実施形態は、装置の横方向の寸法が大きいため、設定場所に余裕があり、かつ、たて寸法の低減やインダクタンスの一層の低減が必要な場合に有効な構造である。また、本実施形態においても、導体 5 の下層に絶縁板を設置すれば、導体間の間隔を一層狭くすることができ、小型化することができる。

【0011】図 5 は、本発明の第 3 の実施形態を示す。図 1 および図 2 の実施形態では IGBT モジュール 1、2 をたて方向に、即ち両者のコレクタ端子、エミッタ端子が略 1 直線状に並ぶように配置したが、本実施形態では、IGBT モジュール 1 のコレクタを図面の右、エミッタを図面の左に配し、その図面の下に IGBT モジュール 2 をコレクタが左、エミッタが右になるように配置する（この説明で、左右、上下が逆になっても、同様の構成が可能である。）。正側導体 3 と交流側導体 4 は同じ層にあり、その上層に負側導体 5 を配置する。このように構成してもインダクタンスの低減が可能である。図 1 に示した実施形態に比べ、横方向は寸法が大きくなるが、たて方向は小さくできるという利点がある。

【0012】図6は、本発明の第4の実施形態であり、3相2レベル電力変換器への適用例を示す。(a)は2レベル電力変換器の主回路構造の上面図、(b)、

(c)はその側面図である。同図には、U相、V相、W相の3相分のIGBTモジュールをヒートブロック101に配置し、フィルタコンデンサ71を含む変換器の主回路全体の構成を示し、さらに、各相は図2に示すIGBTの回路を3並列有するモジュール構造をなす。すなわち、IGBTモジュール1、2はいずれも1つのモジュールに3組のコレクタ・エミッタ端子を有する構成であり、電気的にはIGBTモジュールを3並列に接続のと等価になる。また、各導体の接続状況がよく解できるように、一部の部品を透過あるいは省略し、便宜上、上面図(a)のU相部は負側導体5と交流側導体4を取り除いた正側導体3とその接続状況を、V相部は負側導体5を取り除いた交流側導体4とその接続状況を、W相部は負側導体5とその接続状況を示す。また、(c)に示すように、フィルタコンデンサ71を負側導体5のサイドに配置し、そのコンデンサ71の正負端子を正側導体3、負側導体5とフィルタコンデンサ側正導体72、負導体73により接続する。なお、同図では、フィルタコンデンサ側正導体72と負導体73の間に絶縁板104を介在させる。また、ヒートブロック101によってIGBTモジュール1、2が発生した熱を冷却し、IGBTモジュール1、2が過熱しないようにする。

【0013】ここで、正側導体3、交流側導体4、負側導体5の外形を図7に示す。正側導体3の端部には、所定の深さのスリット3SとIGBTモジュール1と接続するIGBT端子部35を設ける。また、出力端子30は正側導体3の中央に配置する。交流側導体4の端部には、所定の深さのスリット4sとIGBTモジュール1、2と接続するIGBT端子部48a、48bを設ける。また、出力端子40は交流側導体4の右に配置する。負側導体5の端部には所定の深さのスリット5sとIGBTモジュール2と接続するIGBT端子部55を設ける。また、出力端子50は負側導体5の左に配置する。正側導体3は、スリット3Sを設けた端部を折り曲げることにより、脚3fを形成し、IGBT端子部35を脚3fの先に設ける。そして、この端子部35はボルト6a～cによりIGBTモジュール1のコレクタ端子C1、C2、C3と電氣的及び機械的に接続する。交流側導体4は、スリット4sを設けた端部を折り曲げることにより、脚4fを形成し、IGBT端子部48a、48bを脚4fの先に設ける。そして、IGBT端子部48aはボルト7a～cによりIGBTモジュール1のエミッタ端子E1、E2、E3と電氣的及び機械的に接続し、IGBT端子部48bはボルト8a～cによりIGBTモジュール2のコレクタ端子C1、C2、C3と電氣的及び機械的に接続する。脚4fの高さは正側導体3の脚3fよりも高く設定する。このため、交流側導体4

は正側導体3よりも上層に適当な間隔をおいて設置されることになる。正側導体3と交流側導体4の間には絶縁板14を設置する。負側導体5は、スリット5Sを設けた端部を折り曲げることにより、脚5fを形成し、IGBT端子部55を脚5fの先に設ける。そして、この端子部55はボルト9a～cによりIGBTモジュール2のエミッタ端子E1、E2、E3と電氣的及び機械的に接続する。脚5fの高さは交流側導体4の脚4fより高く設定する。このため、負側導体5は交流側導体4よりも上層に適当な間隔をおいて設置されることになる。交流側導体4と負側導体5の間には絶縁板15を設置する。

【0014】本実施形態は、第1、第2、第3の実施形態に比べ、次の点の特徴を有する。

(1) 正側導体3、交流側導体4、負側導体5の各導体の端部に所定の深さのスリット(3s～5s)を設け、これを折り曲げることにより所定の長さの脚(3f～5f)を形成する。なお、脚の先には、IGBTモジュールの端子とボルトによって接続するための端子部を設ける。

(2) 正側導体3、交流側導体4、負側導体5の各導体の間隔は、折り曲げられた脚(3f～5f)の高さで調整し、最下層に正側導体3、中層に交流側導体4、最上層に負側導体5を配置する。この構造では、正側導体3が一番下層になるので、その長さは最も短い。逆に最上層の負側導体5が最も長い。

(3) 正側導体3の出力端子は中央に、交流側導体4の出力端子は右に、負側導体5の出力端子は左にそれぞれ配置する。

(4) 正側導体3と交流側導体4の間および交流側導体4と負側導体5の間にそれぞれ絶縁板14、15を介在する。

【0015】本実施形態では、上記(1)(2)により、図1の実施形態に比べ、導体を折り曲げる必要があるが、端子スペーサを必要としないために部品数を低減することかでき、構成を単純化し、省スペース化することが可能になる。また、正側導体3、交流側導体4、負側導体5の各導体のIGBT端子部間には、スリット3s、4s、5sをそれぞれ設けるが、これはIGBT端子電流のバランスを保つために有用である。IGBTモジュールを並列接続した場合(図6のように、複数端子を持つIGBTモジュールを用いた場合も同じである。)、各端子の電流をバランス化することが重要である。各端子からみたインダクタンスのアンバランスがあると、端子電流アンバランスが発生する。正側導体3を例にとると、IGBTモジュール1内の配線と、導体3によりできるループを横流電流が流れることになる。例えば、内部配線3f→3→3f→1に横流電流が流れる。スリット3sを設けることにより、この横流電流の流れるループの長さを延ばすことができ、ループのイン

ダクタンスが増大し、横流電流が減るので、端子電流のバランス化が可能となる。交流側導体4、負側導体5についても同様である。また、上記(2)(3)により、正側導体3が一番下層にあるので、その長さは最も短い。逆に最上層の負側導体5が最も長くなる。最下層の正側導体3では、出力端子30とIGBT端子部35の距離が近いので、それぞれの電流経路長に差が出やすく、電流がバランスしづらくなる。このため、出力端子30を中央に配することにより、並列素子間の電流バランスを改善できる。さらに、正側導体3の出力端子30と負側導体5の出力端子50が隣り合わせで近接しているため、IGBTモジュール1もしくは2のスイッチング時の転流インダクタンスを最小化できる。なお、中層の交流側導体4と最上層の負側導体5の出力端子40、50の左右が入れ替わっても効果は同じである。また、負側導体5が最下層、正側導体3が最上層のように導体順が入れ替わっても、最下層の導体の出力端子を中央に配することの利点は同じである。一方、中層の交流側導体4および最上層の負側導体5では、正側導体3に比べて導体長が長く、端子電流がバランスしやすいため、それぞれの出力端子40および50を左または右に配しても、端子電流バランスに与える悪影響は比較的小さい。また、上記(4)により、第1、第2の実施形態のように、各導体間を端子接続のためのボルト(6a~9c)の高さ以上の間隔を持たせる必要がなくなるので、導体間を狭くすることでインダクタンスの低減を図ることができる。

【0016】図9は、本発明の第5の実施形態であり、3レベルインバータへの適用例を示す。図9では、理解を容易にするために、フィルタコンデンサ等、発明に直接関与しない部分は省いてある。図8に、3レベルインバータの1相分の等価回路を示す。3レベルインバータは、図示しない直流電源に並列接続された分圧コンデンサ210、211の正、負および中間電位(P、N、C)から3レベル電位の交流に変換またはその逆変換をする電力変換器である(但し、図8では1相分がIGBTの3並列を示す。)

【0017】3レベルの主回路の結線について図8により説明する。正側フィルタコンデンサ210と負側フィルタコンデンサ211が直列に接続される。フィルタコンデンサ210の正側のP点から見て、順にIGBTモジュール201、202、203、204が直列に接続される。201~204は、いずれも図6同様、1モジュールにコレクタ端子とエミッタ端子が3組ある構成である。さらに、フィルタコンデンサ210、211間の中性点Cから、正側クランプダイオード205がIGBTモジュール201と202の間に、負側クランプダイオード206がIGBTモジュール203と204の間にそれぞれ接続される。正側導体3はP点とIGBTモジュール201のコレクタ端子PC1を、交流側導体4

はIGBTモジュール202のエミッタ端子PE2、IGBTモジュール203のコレクタ端子NC3と図示しない負荷とを、負側導体5はIGBTモジュール204のエミッタ端子NE4とN点とをそれぞれ接続する。中間電位導体207はIGBTモジュール201のエミッタ端子PE1、IGBTモジュール202のコレクタ端子PC2と正側クランプダイオード205のカソード端子PDKを、中間電位導体208はIGBTモジュール203のエミッタ端子NE3、IGBTモジュール204のコレクタ端子NC4と負側クランプダイオード206のアノード端子NDAを、中間電位導体209はC点とクランプダイオード205のアノード端子PDA、クランプダイオード206のカソード端子NDKとをそれぞれ接続する。

【0018】図9において、(a)は3レベルインバータの主回路構造の上面図、(b)はその側面図、(c)はIGBTモジュール201、202に関する側面図である。半導体モジュール201~204は、(a)のように、同一面上に配置し、正側導体3、負側導体5、中間電位導体209、交流側導体4の各出力端子をそれぞれ同一方向に形成する。なお、この場合、少なくとも正側導体3、負側導体5、交流側導体4の各出力端子をそれぞれ同一方向に形成するようにする。交流側導体4は、(a)のように最上層に配し、IGBTモジュール202に接続するIGBT端子と、IGBTモジュール203に接続するIGBT端子の間に大きなスリット49eを設ける。また、この大きなスリット49eによって分けられた各IGBT端子の先端にはIGBTモジュール202、203にボルト9a~fを介して接続するIGBT端子部を設け、このIGBT端子部相互間に、図6の実施形態と同様に、スリット4sを設ける。また、出力端子を40aと40bの2つに分割してそれぞれ正側導体3、負側導体5の各出力端子の左右に配する。正側導体3、負側導体5、中間電位導体207、中間電位導体208は、(b)のように、半導体モジュール202、203に最も近い最下層に配し、その上に順に中間電位導体209、交流側導体4を階層して配置する。(c)には、最下層に正側導体3、最上層に交流側導体4、中層に中間電位導体209を配置した様子を示す。ここで、図9では、最上層の交流側導体4の形状は分かり易いが、これより下層の各導体の形状が分かりにくい。このため、図10に、最下層に配される正側導体3、中間電位導体207、208、負側導体5の概形と配置を示す。また、図11に、中層に配される中間電位導体209の概形を示す。図10において、正側導体3、中間電位導体207、208、負側導体5には、IGBTモジュールと接続するIGBT端子部相互間に、図6の実施形態と同様に、スリット3s、5s、207s、208sを設ける。正側導体3の出力端子30と負側導体5の出力端子50は、IGBTモジュール201

および 204 の端子から見て中央に配する。また、中間電位導体 207、208 には、導体 209 のダイオード端子 2091、2092 と導体 207、208 が接触して短絡を起こさないように、穴 2070、2080 をあける。この場合、穴に代えてスリットを採用してもよい。図 11 において、中間電位導体 209 には、クランプダイオード 205、206 とそれぞれ接続するためのクランプダイオード端子 2091、2092 を設け、また、正側導体 3 の出力端子 30 と隣接させるように、また、負側導体の出力端子 50 と同じく隣接させるように出力端子 2090 を配する。

【0019】本実施形態では、各導体において IGBT モジュール 201~204 と接続する IGBT 端子部相互間にスリットを設けることによって、図 6 の実施形態と同様、IGBT 端子電流のバランスを向上させることができる。さらに、交流側導体 4 に大きなスリット 49e を設けることにより、IGBT モジュール 202 と 203 の間を流れる電流経路長はやや長くなり、インダクタンスが若干増加するものの、IGBT モジュール 202 および 203 の端子電流のバランス化を図ることができる。また、最下層にあり、電流経路長の短い正側導体 3 の出力端子 30 と負側導体 5 の出力端子 50 を IGBT モジュール 201 および 204 の端子から見て中央に配することにより、図 6 の実施形態と同様に、IGBT 端子電流のバランスを図ることができる。また、3 レベルインバータ主回路の転流インダクタンス低減には、正側導体 3 の出力端子 30 と中間電位導体 209 の出力端子 2090 を、また、負側導体の出力端子 50 と同じく中間電位導体 209 の出力端子 2090 を隣接させることが有効である。このため、上述のように出力端子 30 と 50 をそれぞれ各導体の中央に配した上で、中間電位導体 209 の出力端子 2090 を出力端子 30 と 50 の間に配することにより、上述の電流バランスの他に転流インダクタンス低減を実現できる。また、交流側導体 4 では、出力端子を 40a と 40b の 2 つに分割して、それぞれ正側導体 3、負側導体 5 の左右に配したので、導体に流れる電流バランスが良くなる。以上のようにして、3 レベル構成においても、低インダクタンス化と電流バランス化を図る主回路構造を比較的簡単な構成で実現することができる。なお、上記とは逆に、交流側導体 4 の出力端子を一つに纏めて正側導体 3 と負側導体 5 の間に配し、中間電位導体 209 の出力端子を 2 つに分割して左右両端に配しても、略同様の効果が得られる。

【0020】図 6 および図 9 の実施形態では、3 組のコレクタ・エミッタ端子を有する構成の IGBT モジュールを例に述べたが、2 組、6 組など 3 組以外の端子数の IGBT モジュールを使用した場合にも、同様の構成が可能である。また、1 組しか端子のない IGBT モジュールを複数個接続した場合にも同様である。また、本発明の実施形態では、導体がいずれも平板状であるため

に、特に電車などの交通機関に搭載されて使用される場合、車体などの振動が原因で騒音を発したり、部品同士がぶつかりあって破損したりする心配がある。各導体厚さを振動が生じない程厚くすれば、このような振動や騒音問題は防止できるが、全体の重量が重くなる。このような場合には、各導体に溝（リブ）を形成したり、導体間を絶縁支持物で支持したり、導体端部を折り曲げたりすることにより、各導体の厚さをそれほど厚くしなくとも、振動を防止することができ、騒音や部品の破損を防止できる。

【0021】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、電力変換器の主回路を構成する各導体を平板状とし、しかも平行に配置するので、従来の細長い配線を用いた場合に比べ、主回路のインダクタンスを大幅に低減でき、これにより、素子スイッチング時の跳ね上がり電圧を抑制し、素子の能力を最大限に利用することができる。また、各導体には、ボルト（固定具）の頭を貫通させるための穴が不要であるので、この穴の部分の導体断面の絶縁が不要となり、このため、絶縁が容易になり、装置全体の信頼性を向上させることができる。また、半導体素子を並列接続して電力変換器を構成する場合にも、導体端子間にスリットを設けることにより、各半導体素子に流れる電流を均等化できるので、各半導体素子の能力を最大限に利用することができ、結果として電力変換器全体を小型化することができる。また、各導体は、いずれも平板状の導体を切ってボルト（固定具）用の穴を開けただけの簡単な構成であるので、加工や組立が容易である。また、各導体を折り曲げることにより、端子スペースを必要としないため、部品数を低減することかでき、構成を単純化し、省スペース化することが可能になる。また、3 レベルインバータ主回路において、その転流インダクタンスを低減するため、正側クランプダイオードと負側クランプダイオードを接続する中間電位導体の出力端子を正側導体の出力端子と負側導体の各出力端子の間または隣接して配することにより、電流バランスの他に転流インダクタンスの低減を図ることができる。また、3 レベルインバータ主回路の交流側導体の出力端子を分割し、または、正側クランプダイオードと負側クランプダイオードを接続する中間電位導体の出力端子を分割し、それぞれ正側導体、負側導体の左右に配することにより、導体に流れる電流バランスを図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態による電力変換器の主回路構造図

【図 2】図 1 の実施形態の電気的な接続を示す回路図

【図 3】図 1 の実施形態の正側導体、交流側導体および負側導体の形状を示す図

【図 4】本発明の第 2 の実施形態

15

【図5】本発明の第3の実施形態

【図6】本発明の第4の実施形態であり、3相2レベル電力変換器への適用例を示す図

【図7】図6の実施形態の正側導体、交流側導体および負側導体の形状を示す図

【図8】3レベル電力変換器の電氣的な接続を示す回路図

【図9】本発明の第5の実施形態であり、3レベル電力変換器への適用例を示す図

【図10】図9の実施形態の最下層の導体の形状と配置を示す図

【図11】図9の実施形態の中層の導体の形状と配置を示す図

【符号の説明】

1～2、201～204…IGBTモジュール、3…正

16

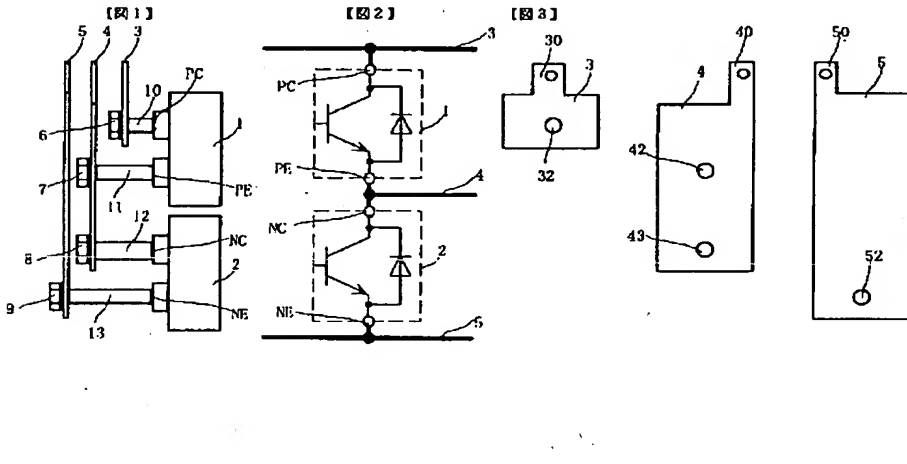
側導体、3f、4f、5f…導体の脚、3s、4s、5s、207s、208s…スリット、4…交流側導体、40a、40b出力端子、5…負荷導体、6～9ボルト、10～13…端子スペーサ、14～15…絶縁板、31…正側導体、32、42、43、52…IGBT端子ボルト穴、6a～f、7a～f、8a～f、9a～f…ボルト、30、40、50…出力端子、35、48a～b、55…IGBT端子部、71…フィルタコンデンサ、72…フィルタコンデンサ側正導体、73…フィルタコンデンサ側負導体、101…ヒートブロック、104…絶縁板、106a～d…ボルト、205～206…クランプダイオード、207～209…中間電位導体、210、211…フィルタコンデンサ、2070、2080…導体の穴、2090…出力端子、2091～2092…クランプダイオード端子

【図1】

【図2】

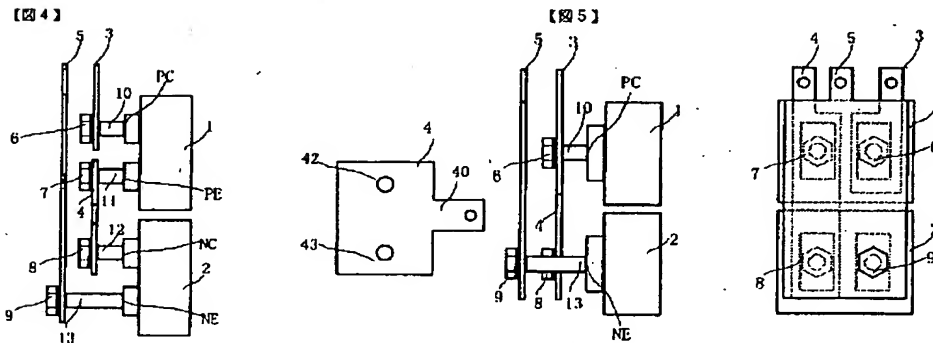
【図3】

【図8】

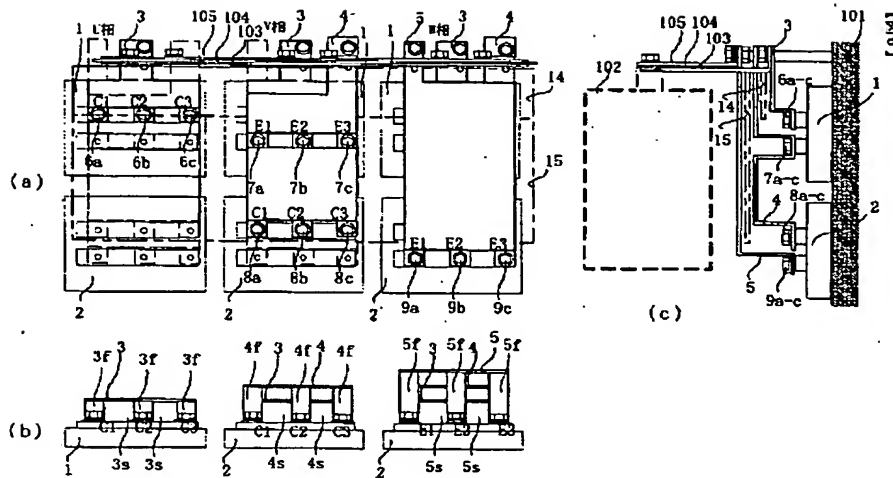


【図4】

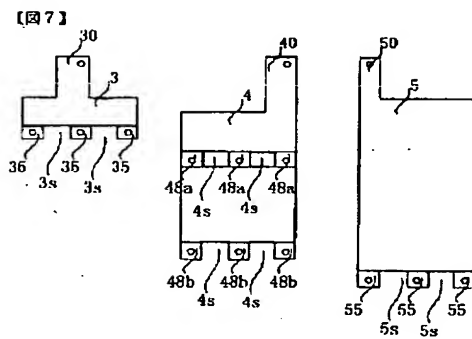
【図5】



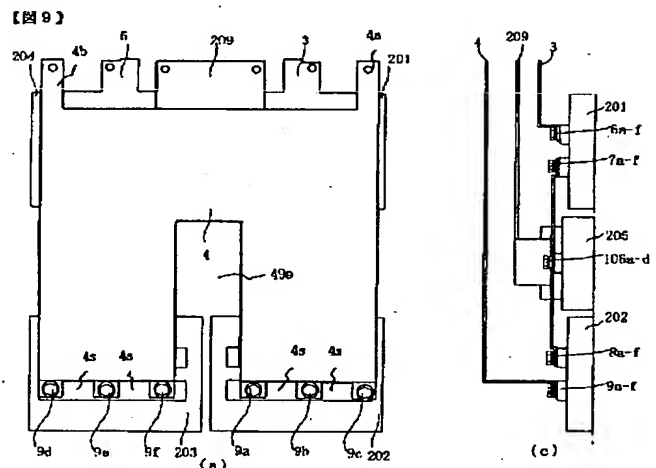
【図 6】



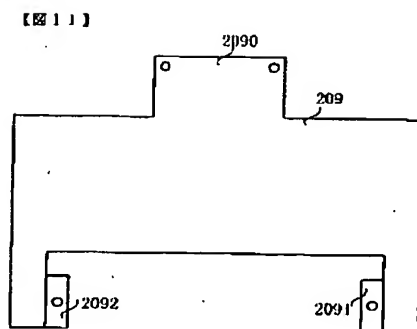
【図 7】



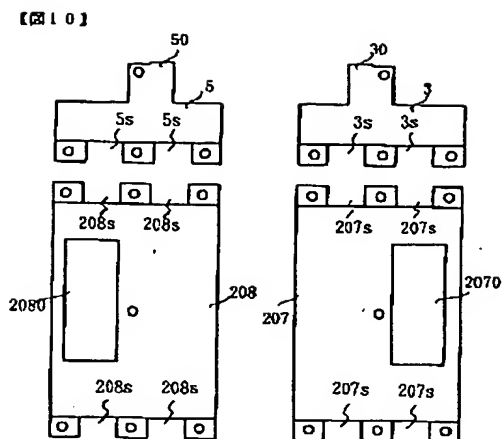
【図 9】



【図 11】



【図 10】



フロントページの続き

- (72)発明者 小柳 阿佐子
茨城県日立市大みか町七丁目 2 番 1 号 株
式会社日立製作所電力・電機開発本部内
- (72)発明者 三島 彰
茨城県日立市大みか町七丁目 2 番 1 号 株
式会社日立製作所電力・電機開発本部内
- (72)発明者 豊田 瑛一
茨城県ひたちなか市市毛1070番地 株式会
社日立製作所水戸工場内
- (72)発明者 佐藤 常雄
茨城県ひたちなか市市毛1070番地 株式会
社日立製作所水戸工場内